

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-357848

(P2001-357848A)

(43)公開日 平成13年12月26日 (2001.12.26)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード(参考)
H 01 M 4/58		H 01 M 4/58	5 H 02 9
4/02		4/02	C 5 H 05 0
10/40		10/40	Z

審査請求 未請求 請求項の数 5 OL (全 6 頁)

(21)出願番号	特願2000-176243(P2000-176243)	(71)出願人 000001203 新神戸電機株式会社 東京都中央区日本橋本町2丁目8番7号
(22)出願日	平成12年6月13日 (2000.6.13)	(72)発明者 小石川 佳正 東京都中央区日本橋本町二丁目8番7号 新神戸電機株式会社内
		(72)発明者 原 賢二 東京都中央区日本橋本町二丁目8番7号 新神戸電機株式会社内
		(74)代理人 100104721 弁理士 五十嵐 俊明

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 リチウム二次電池

(57)【要約】

【課題】 高温での充放電サイクルによる入出力特性の低下を改善する。

【解決手段】 非晶質炭素を負極活物質に用い、化学式 $Li_{1+x}Mn_{2-x}O_4$ で表されるスピネル系マンガン酸リチウム ($0 \leq x \leq 0.2$) 又はこのスピネル系マンガン酸リチウムの Mn の一部を Mn 以外の遷移金属元素で置換した異種元素置換スピネル系マンガン酸リチウムを正極活物質に用いた、電池容量 2.5 Ah 以上のリチウム二次電池で、充放電に伴う Li の価数 ($1+x$) の変化範囲を 0.15 以上 0.85 以下とする。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 非晶質炭素を負極活物質に用い、化学式 $Li_{1+x} Mn_{2-x} O_4$ で表されるスピネル系マンガン酸リチウム又はこのスピネル系マンガン酸リチウムの Mn の一部を Mn 以外の遷移金属元素で置換した異種元素置換スピネル系マンガン酸リチウムを正極活物質に用いた、電池容量 2.5 Ah 以上のリチウム二次電池において、放電時に正極へのリチウム挿入量が負極の不可逆容量分に相当するリチウム量を越えて挿入されないように制限され、かつ、充電時に前記正極からのリチウム離脱量が所定量を越えて離脱しないように制限されたことを特徴とするリチウム二次電池。

【請求項 2】 非晶質炭素を負極活物質に用い、化学式 $Li_{1+x} Mn_{2-x} O_4$ で表されるスピネル系マンガン酸リチウム又はこのスピネル系マンガン酸リチウムの Mn の一部を Mn 以外の遷移金属元素で置換した異種元素置換スピネル系マンガン酸リチウムを正極活物質に用いた、電池容量 2.5 Ah 以上のリチウム二次電池において、充放電に伴う前記 Li の価数 ($1+x$) の変化範囲が 0.15 以上 0.85 以下であることを特徴とするリチウム二次電池。

【請求項 3】 前記化学式の x の範囲が 0 以上 0.2 以下であることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載のリチウム二次電池。

【請求項 4】 前記遷移金属元素が Al 、 Co 、 Cr 、 Mg 、 Ni 又は Fe のいずれか 1 種であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載のリチウム二次電池。

【請求項 5】 前記遷移金属元素を M 、価数を y として、前記異種元素置換スピネル系マンガン酸リチウムが化学式 $Li_{1+x} Mn_{2-x-y} My O_4$ で表されるときに、前記価数 y が 0.2 以下であることを特徴とする請求項 4 に記載のリチウム二次電池。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はリチウム二次電池に係り、特に、非晶質炭素を負極活物質に用い、スピネル系マンガン酸リチウム又は異種元素置換スピネル系マンガン酸リチウムを正極活物質に用いた、電池容量 2.5 Ah 以上のリチウム二次電池に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、再充電可能な二次電池の分野では、鉛電池、ニッケルーカドミウム電池、ニッケルーウォータ電池等の水溶液系電池が主流であった。しかしながら、地球温暖化や枯渇燃料の問題から電気自動車や駆動の一部を電気モーターで補助するハイブリッド自動車が着目され、その電源に用いられる電池には、より高容量で高出力な電池が求められるようになってきた。このような要求に合致する電源として、高電圧を有する非水溶液系のリチウム二次電池が注目されている。

【0003】 リチウム二次電池の負極材には一般的には炭素材が用いられており、この炭素材は、天然黒鉛や鱗片状、塊状等の人造黒鉛、メソフェーズピッチ系黒鉛等の黒鉛系材料とフルフリルアルコール等のフラン樹脂等を焼成した非晶質炭素材が用いられている。黒鉛系材料は、不可逆容量が小さく電圧特性も平坦であり高容量であることが特徴であるが、サイクル特性が劣る、という問題がある。また、合成樹脂を焼成した非晶質炭素材は、黒鉛の理論容量値以上の容量が得られサイクル特性にも優れるという特徴を持つが、不可逆容量が大きく電池での高容量化が難しい、という欠点がある。

【0004】 一方、リチウム二次電池の正極材にはリチウム遷移金属酸化物が用いられており、中でも容量やサイクル特性等のバランスからコバルト酸リチウム用いられているが、原料であるコバルトの資源量が少なくコスト高ともなることから、電気自動車用やハイブリッド電気自動車用電池の正極材として、マンガン酸リチウムが有望視され開発が進められている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、マンガン酸リチウムを正極材に用いた電池の充放電サイクル寿命や保存時の寿命は、電気自動車用途を想定した場合に必ずしも十分とはいえない。特に、ハイブリッド電気自動車では充放電サイクルによる入出力特性の低下の改善が課題である。

【0006】 これに対し、マンガン酸リチウム結晶中のマンガン原子の一部をコバルト (Co) やクロム (Cr) 等の異種金属で置換することにより、寿命特性を向上させることができが種々提案されており、一応の効果は認められているものの、これも十分とはいえない。

【0007】 本発明は上記事案に鑑み、充放電サイクル寿命、特に高温での充放電サイクルによる入出力特性の低下を改善することができるリチウム二次電池を提供することを課題とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するため、本発明の第 1 の態様は、非晶質炭素を負極活物質に用い、化学式 $Li_{1+x} Mn_{2-x} O_4$ で表されるスピネル系マンガン酸リチウム又はこのスピネル系マンガン酸リチウムの Mn の一部を Mn 以外の遷移金属元素で置換した異種元素置換スピネル系マンガン酸リチウムを正極活物質に用いた、電池容量 2.5 Ah 以上のリチウム二次電池において、放電時に正極へのリチウム挿入量が負極の不可逆容量分に相当するリチウム量を越えて挿入されないように制限され、かつ、充電時に前記正極からのリチウム離脱量が所定量を越えて離脱しないように制限されたことを特徴とする。本発明では、放電時に正極へのリチウム挿入量が負極の不可逆容量分に相当するリチウム量を越えて挿入されないように制限され、かつ、充電時に正極からのリチウム離脱量が所定量を越えて離

脱しないように制限されるので、結晶構造の崩壊や結晶格子体積の変化による電極合剤の欠落、電極反応速度の遅い部分での副反応等に起因する正極の劣化割合の大きい部分が使用されないため、充放電サイクルによる劣化が抑制され、リチウム二次電池の入出力特性の低下を改善することができる。

【0009】また、本発明の第2の態様は、非晶質炭素を負極活物質に用い、化学式 $Li_{1+x}Mn_{2-x}O_4$ で表されるスピネル系マンガン酸リチウム又はこのスピネル系マンガン酸リチウムのMnの一部をMn以外の遷移金属元素で置換した異種元素置換スピネル系マンガン酸リチウムを正極活物質に用いた、電池容量2.5Ah以上のリチウム二次電池において、充放電に伴う前記 Li の価数(1+x)の変化範囲が0.15以上0.85以下であることを特徴とする。本発明では、上記化学式において、充電時に Li の価数(1+x)が0.15未満、又は、放電時に Li の価数(1+x)が0.85を超えると、正極の劣化が促進され極端にサイクル特性が低下するので、充放電に伴う Li の価数(1+x)を0.15以上0.85以下の範囲とした。このため本発明によれば、電池容量を極端に低下させることなく、リチウム二次電池の良好なサイクル特性を得ることができる。

【0010】以上の発明において、前記化学式のxの範囲を0以上0.2以下とすれば、電池容量を極端に低下させることなくマンガン溶出量を低減することができるので、負極でのマンガン析出が抑制されリチウム二次電池の長寿命化を図ることができる。また、サイクル特性を改善する上で、前記遷移金属元素を、Mnに近いイオン半径を有するAl、Co、Cr、Mg、Ni又はFeのいずれか1種とすることが好ましい。このとき、これらの遷移金属元素をM、価数をyとして、前記異種元素置換スピネル系マンガン酸リチウムが化学式 $Li_{1+x}Mn_{2-x-y}MyO_4$ で表されるときに、価数yを0<y≤0.2の範囲の低価数とすれば、負極での遷移金属元素Mの析出を抑制することができる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明をハイブリッド電気自動車に用いられるリチウム二次電池に適用した実施の形態について説明する。

【0012】(負極) 負極活物質としての非晶質炭素粉末90重量部に、結着剤としてポリフッ化ビニリデン(PVDF)を負極活物質に対して10重量部添加し、これに分散溶媒としてN-メチルピロリドンを添加、混練したスラリを、図1(A)に示すように、厚さ10μmの圧延銅箔21の両面に塗布、その後乾燥、プレスして負極活物質合剤層22を形成し、裁断して厚さ70μmの帯状負極2を得た。

【0013】(正極) 正極活物質としてのスピネル系マンガン酸リチウム $Li_{1+x}Mn_{2-x}O_4$ (0≤x≤

0.2)又はこのスピネル系マンガン酸リチウムのMnの一部をAl、Co、Cr、Mg、Ni、Fe等の遷移金属元素Mで置換した異種元素置換スピネル系マンガン酸リチウム $Li_{1+x}Mn_{2-x-y}MyO_4$ (0≤x≤0.2, 0<y≤0.2)に、導電剤として正極活物質100重量部に対して10重量部の鱗片状黒鉛と結着剤として5重量部のポリフッ化ビニリデンを添加し、これに分散溶媒としてN-メチルピロリドンを添加、混練してスラリを作製した。図1(B)に示すように、このスラリを、厚さ20μmのアルミニウム箔11の両面に塗布、その後乾燥、プレスして所定厚さの正極活物質合剤層12を形成し、裁断して帯状正極1を得た。このとき、正極活物質合剤層12の厚さを35μm以下(正極1の厚さ90μm以下)に調整し、放電時に、上記各化学式の Li の価数(1+x)が0.75~0.85の範囲となるようにした。すなわち、正極容量と負極容量との比を正極活物質合剤層12の厚さにより調整し、100%放電時に、負極の不可逆容量分に相当するリチウム量を越えるリチウム量が正極に挿入されないようにした。

【0014】(電池の作製) 図2に示すように、作製した正極1及び負極2を、厚さ25μmのリチウムイオンが通過可能なポリエチレン製セパレータ3を介して横断面渦巻き状に捲回して電極群4を作製した。アルミニウム箔11、銅箔21に接続した正極リード片7及び負極リード片8をそれぞれ外部端子となる、安全弁を内蔵した円盤状電池蓋9、円筒形の有底電池容器5に溶接した後、電極群4を電池容器5内に挿入して、電解液を所定量注入し、電池蓋9を絶縁部材6を介して電池容器5上部でカシメ封口することにより、円筒形リチウム二次電池10を得た。そして、リチウム二次電池10を定電流定電圧で上限電圧と定電圧保持時間とを調整して、上記化学式の Li の価数(1+x)が0.15~0.25となるように充電した。

【0015】電解液には、エチレンカーボネート(EC)とジメチルカーボネート(DMC)との混合溶液中に、6フッ化リジウム(LiPF6)を1モル/リットル溶解したものを用いた。このリチウム二次電池10の設計容量は3.5Ahである。

【0016】

【実施例】次に、本実施形態に従って、正極活物質合剤層12の厚さを調整すると共に充電上限電圧及び定電圧時間を調整することにより、上記各化学式において放電時の Li の挿入量及び充電時の Li の離脱量を変更して作製した実施例の電池について説明する。なお、比較のために作製した比較例の電池についても併記する。

【0017】(実施例1) 下表1に示すように、実施例1では、正極活物質にスピネル系マンガン酸リチウム $Li_{1+x}Mn_{2-x}O_4$ (x=0.1)を用い、正極活物質合剤層12の片面の厚さを35μmとした。正極1

に対する負極2の容量比（-／+比）は1.3であり、放電により正極1に挿入されるリチウム量は、負極2の不可逆容量分からし l_i の値数 $(1+x) = 0.75$ に相当する。また、作製した電池を定電流定電圧で l_i の値

数 $(1+x)$ が0.15に相当するまで充電した。

【0018】

【表1】

	正極活物質	充電時の (1+x) 値	放電時の (1+x) 値
実施例1	$Li_{1+x}Mn_{2-x}O_4$ ($x=0.1$)	0.15	0.75
実施例2		0.15	0.80
実施例3		0.15	0.85
実施例4		0.20	0.85
実施例5		0.25	0.85
実施例6		0.25	0.75
比較例1		0.15	0.90
比較例2		0.10	0.85
比較例3		0.10	0.90
実施例7		0.15	0.75
実施例8	$Li_{1+x}Mn_{2-x}Al_{0.1}O_4$ ($x=0$)	0.15	0.80
実施例9		0.15	0.85
実施例10		0.20	0.85
実施例11		0.25	0.85
実施例12		0.25	0.75
比較例4		0.15	0.90
比較例5		0.10	0.85
比較例6		0.10	0.90

【0019】（実施例2、3）表1に示すように、正極活物質合剤層12の厚さを調整し、正極容量に対する負極の不可逆容量の割合から放電により正極1に挿入されるリチウム量を変化させ、実施例2では l_i の値数 $(1+x) = 0.80$ 、実施例3では l_i の値数 $(1+x) = 0.85$ とした。なお、正極活物質合剤層12の厚さ以外は、実施例1と同様にリチウム二次電池10を作製した。

【0020】（実施例4、5）表1に示すように、充電上限電圧と定電圧時間とを調整し、充電時の l_i の値数 $(1+x)$ が、実施例4では0.20、実施例5では0.25となるまで充電した。なお、充電条件以外は、実施例3と同様にリチウム二次電池10を作製した。

【0021】（実施例6）表1に示すように、実施例6では、充電上限電圧と定電圧時間とを調整し、充電時の l_i の値数 $(1+x)$ が0.25となるまで充電した。なお、充電条件以外は、実施例1と同様にリチウム二次電池10を作製した。

【0022】（比較例1）表1に示すように、比較例1では、正極活物質合剤層12の厚さを調整し、正極容量に対する負極の不可逆容量の割合から、放電により正極1に挿入されるリチウム量を変化させ、 l_i の値数 $(1+x) = 0.9$ とした。なお、正極活物質合剤層12の厚さ以外は、実施例1と同様にリチウム二次電池を作製した。

【0023】（比較例2、3）表1に示すように、充電上限電圧と定電圧時間とを調整し、充電時の l_i の値数 $(1+x)$ が0.10となるまで充電した。また、正極活物質合剤層12の厚さを調整し、正極容量に対する負

極の不可逆容量の割合から、放電により正極1に挿入されるリチウム量を変化させ、比較例2では l_i の値数 $(1+x) = 0.85$ 、比較例3では l_i の値数 $(1+x) = 0.90$ となるようにした。正極活物質合剤層12の厚さ及び充電条件以外は、実施例1と同様にリチウム二次電池を作製した。

【0024】（実施例7～12）表1に示すように、正極活物質に異種元素置換スピネル系マンガン酸リチウム $Li_{1+x}Mn_{2-x}Al_{0.1}O_4$ ($x=0$) を用い、上記実施例1～6とそれぞれ同様にリチウム二次電池10を作製した。

【0025】（比較例4～6）表1に示すように、正極活物質にスピネル系マンガン酸リチウム $Li_{1+x}Mn_{2-x}O_4$ ($x=0.1$) を用い、上記比較例1～3とそれぞれ同様にリチウム二次電池を作製した。

【0026】<試験>次に、作製した実施例及び比較例の各電池について、高温サイクル試験を行った。高温サイクル試験では、50°Cの雰囲気にて1時間率(1C)で定電流定電圧充電(各条件の l_i の値数 $(1+x)$ に相当する充電量を充電)した後、1時間率(1C)で終止電圧2.7V(各条件の l_i の値数 $(1+x)$ に相当する放電量)まで放電するサイクルを繰り返し、5サイクル毎に出力を測定して電池の初期出力の50%に至ったサイクル数を寿命と判定した。

【0027】下表2に高温サイクル試験の試験結果を示す。

【0028】

【表2】

	サイクル数 (回)
実施例 1	320
実施例 2	310
実施例 3	305
実施例 4	315
実施例 5	325
実施例 6	335
比較例 1	270
比較例 2	260
比較例 3	240
実施例 7	320
実施例 8	320
実施例 9	315
実施例 10	320
実施例 11	330
実施例 12	335
比較例 4	275
比較例 5	260
比較例 6	245

【0029】<評価>表1及び表2に示すように、スピネル系マンガン酸リチウム $Li_{1+x}Mn_{2-x}O_4$ ($x=0, 1$) を用い、充電時の Li の価数 ($1+x$) を0.15以上、放電時の Li の価数 ($1+x$) を0.85以下とした実施例1～3の電池は、50°Cの高温下において、いずれも300サイクル以上の良好なサイクル特性が認められた。しかしながら、比較例1及び比較例2の電池のように充電時又は放電時いずれか一方の Li の価数 ($1+x$) が $0.15 \leq (1+x) \leq 0.85$ の範囲外となると、急激にサイクル数が減少した。更に、比較例3の電池のように充電時及び放電時の双方の Li の価数 ($1+x$) が $0.15 \leq (1+x) \leq 0.85$ の範囲外となると、サイクル数の減少が著しくなった。一方、異種元素置換スピネル系マンガン酸リチウム $Li_{1+x}Mn_{2-x-0.1}Al_{0.1}O_4$ ($x=0$) を用いた場合も同様の結果となった。

【0030】また、 Li が同一価数のスピネル系マンガン酸リチウムと Mn の一部を低価数 ($y=0, 1$) の Al で置換した異種元素置換スピネル系マンガン酸リチウムとを比較してみると、異種元素置換スピネル系マンガン酸リチウムの方が若干サイクル特性に優れる結果となった。これは、充放電による負極での Mn や Al の析出が抑制された結果と考えられる。

【0031】以上の結果から、スピネル系マンガン酸リチウム $Li_{1+x}Mn_{2-x}O_4$ ($x=0, 1$) 又は異種元素置換スピネル系マンガン酸リチウム $Li_{1+x}Mn_{2-x-0.1}Al_{0.1}O_4$ ($x=0$) を正極活物質に用いたとき、充放電に伴う Li の価数 ($1+x$) の範囲を0.15以上0.85以下に制御することによって、大幅にサイクル特性が向上することが分かった。また、放電時のリチウム挿入量及び充電時のリチウム離脱量を制限することによって、充放電サイクルによる劣化が抑制されることも分かった。

【0032】なお、以上の実施例ではスピネル系マンガン酸リチウム $Li_{1+x}Mn_{2-x}O_4$ ($x=0, 1$) 及び異種元素置換スピネル系マンガン酸リチウム $Li_{1+x}Mn_{2-x-0.1}Al_{0.1}O_4$ ($x=0$) を正極活物質に用いたリチウムイオンニ次電池について例示したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、 x の値が0以上0.2以下の化学量論スピネル系マンガン酸リチウム及び非化学量論マンガン酸リチウム(リチウムリッチ)、更に Mn の一部を Co 、 Cr 、 Mg 等の低価数異種元素で置換した異種元素置換マンガン酸リチウムを正極活物質に用いたリチウムニ次電池においても同様の効果が確認されている。更に、本実施形態では設計容量が3.5Ahのリチウムニ次電池について例示したが、本発明は電池容量が2.5Ah以上のリチウムニ次電池に適用可能である。

【0033】また、本実施形態では、正極活物質合剤層12の厚さを調整して正極容量と負極容量との比を調整する例を示したが、負極活物質合剤層22の厚さを調整して正極容量と負極容量との比を調整するようにしてもよい。

【0034】更に、本実施形態では、電解液にエチレンカーボネートとジメチルカーボネートの混合溶媒中へ6フッ化リン酸リチウムを1モル/リットル溶解したものを用いた例を示したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、他の材料構成からなる電池においても同等の効果が確認されている。

【0035】すなわち、電解液としては、一般的なリチウム塩を電解質とし、これを有機溶媒に溶解した電解液を用いることが可能であり、また、用いられるリチウム塩や有機溶媒にも特に制限されるものはない。例えば、電解質としては、 $LiClO_4$ 、 $LiAsF_6$ 、 $LiPF_6$ 、 $LiBF_4$ 、 $LiB(C_6H_5)$ 、 CH_3SO_3Li 、 CF_3SO_3Li 等やこれらの混合物が用いられる。また、有機溶媒としては、プロピレンカーボネート、エチレンカーボネート、1,2-ジメトキシエタン、アーブチロラクトン、テトラヒドロフラン、1,3-ジオキソラン、4-メチル-1,3-ジオキソラン、ジエチルエーテル、スルホラン、メチルスルホラン、アセトニトリル、プロピオニトリル等またはこれらの2種類以上の混合溶媒を用いることができる。

【0036】【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、非晶質炭素を負極活物質に用い、化学式 $Li_{1+x}Mn_{2-x}O_4$ で表されるスピネル系マンガン酸リチウム又はこのスピネル系マンガン酸リチウムの Mn の一部を Mn 以外の遷移金属元素で置換した異種元素置換スピネル系マンガン酸リチウムを正極活物質に用いた、電池容量2.5Ah以上のリチウムニ次電池において、放電時に正極へのリチウム挿入量が負極の不可逆容量分に相当するリチウム量を越えて挿入されないように制限され、か

つ、充電時に正極からのリチウム離脱量が所定量を越えて離脱しないように制限したので、リチウム二次電池の入出力特性の低下を改善することができる、という効果を得ることができる。また、化学式 $Li_{1+x}Mn_{2-x}O_4$ で表されるスピネル系マンガン酸リチウム又はこのスピネル系マンガン酸リチウムのMnの一部をM以外の遷移金属元素で置換した異種元素置換スピネル系マンガン酸リチウムの充放電に伴う前記Liの価数 $(1+x)$ の変化範囲を0.15以上0.85以下としたので、放電容量の極端な低下をきたすことなく、大幅にサイクル特性を向上させることができる、という効果

を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(A)は正極の厚さ方向の断面図であり、(B)は負極の厚さ方向の断面図である。

【図2】本発明を適用可能な実施形態のリチウム二次電池の縦断面図である。

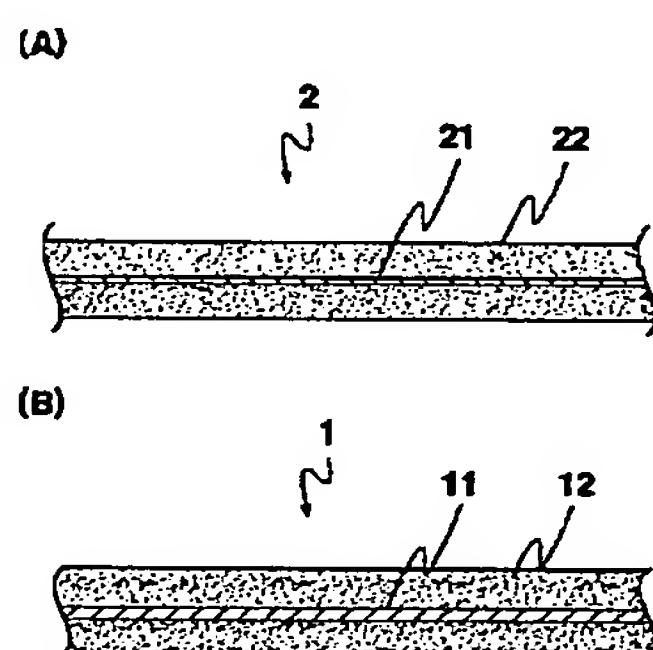
【符号の説明】

1 正極

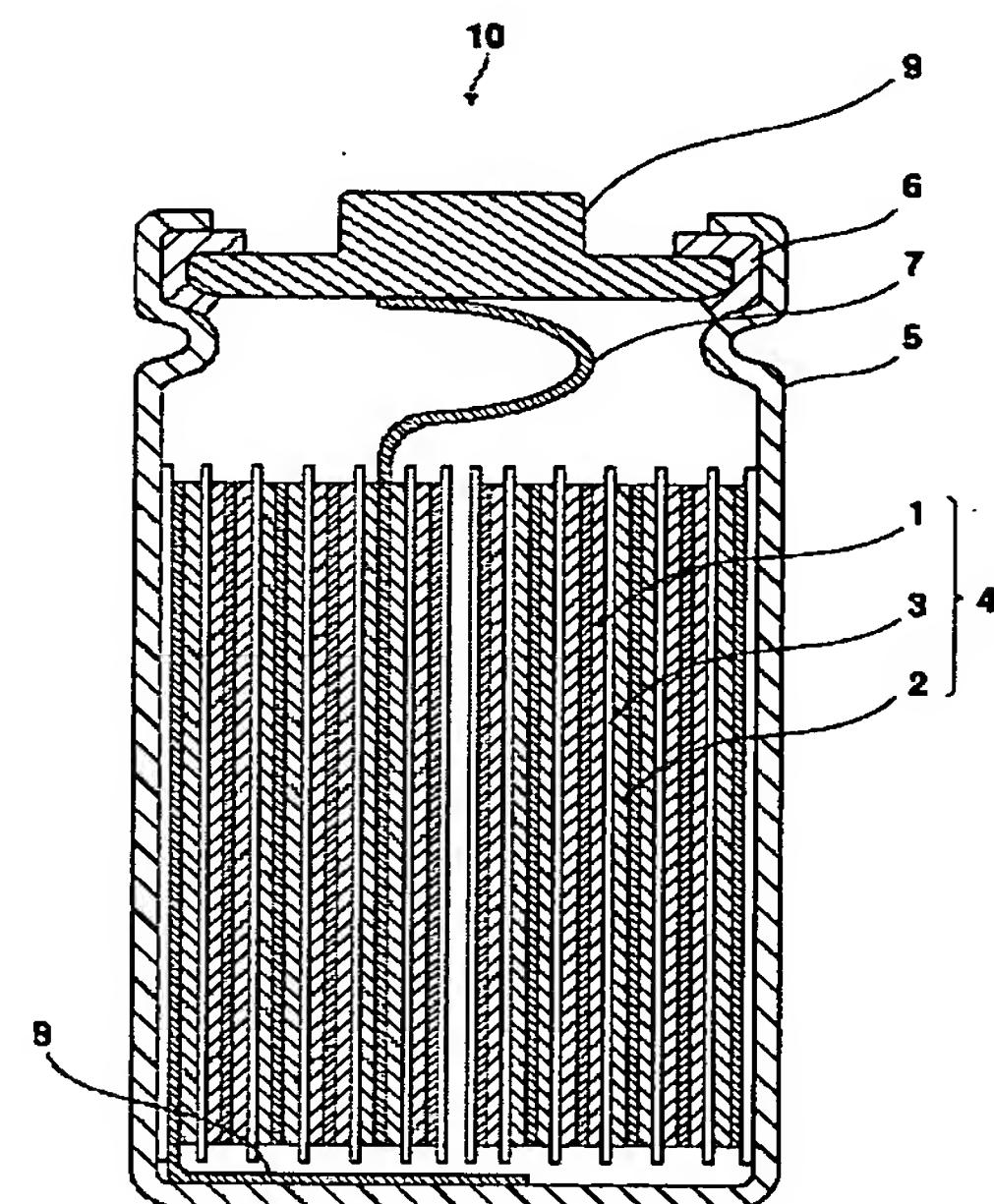
2 負極

10 10 リチウム二次電池

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 高塚 祐一

東京都中央区日本橋本町二丁目8番7号
新神戸電機株式会社内

(72)発明者 弘中 健介

東京都中央区日本橋本町二丁目8番7号
新神戸電機株式会社内

Fターム(参考) 5H029 AJ05 AK03 AL08 AM03 AM04

AM05 AM07 BJ02 BJ14 HJ02
HJ19

40

5H050 AA07 BA17 CA09 CB09 EA09
EA24 FA17 FA19 FA20 HA02
HA19

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

2001-357848

(11)Publication number :

26.12.2001

(43)Date of publication of application :

(51)Int.CI.

H01M 4/58

H01M 4/02

H01M 10/40

(21)Application number : 2000-176243 (71)Applicant : SHIN KOBE ELECTRIC

MACH CO LTD

(22)Date of filing :

13.06.2000

(72)Inventor :

KOISHIKAWA YOSHIMASA
HARA KENJI
TAKATSUKA YUICHI
HIRONAKA KENSUKE

(54) LITHIUM SECONDARY BATTERY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve a drop in input/output characteristics due to charge/ discharge cycles at high temperature.

SOLUTION: Amorphous carbon is used as a negative electrode active material, and spinel lithium manganate represented by the formula, $Li_{1+x}Mn_{2-x}O_4$ ($0 \leq x \leq 0.2$), or different element substituted spinel lithium manganate prepared by substituting a transition metal element other than Mn for part of Mn of the spinel lithium manganate is used as a positive electrode active material. In the lithium secondary battery having a capacity of 5 Ah or more, the variation range of the valency ($1+x$) of lithium attendant on charge/discharge cycles is specified 0.15-0.85.